Aus dem physiologischen Institut der Universität Bonn
Direktor: Prof. Dr. U. Ebbecke.

Zuckungs- und Wulstschwelle

des musculus rectus abdominis des Frosches

und ihre

Beeinflussung durch die Narkose.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn.

Vorgelegt am 22. März 1937

von

Herta Oberheuser
aus Düsseldorf.

Druck von H. Trapp, Bonn, Stiftsgasse 11 / 1937.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Prof. Dr. U. Ebbecke.

Korreferent: Prof. Dr. Führer.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552322_0021

Schon seit Mitte des vorigen Jahrhunderts wird das Aufwulsten des Muskels, das eine langsame gegenüber einer schnellen Kontraktion der Zuckung darstellt, beobachtet. Der idiomuskuläre Wulst wurde zuerst von Schiff untersucht und von Auerbach am Menschen beobachtet. Ferner ist hier noch Hermann zu erwähnen. Während früher der idiomuskuläre Wulst nur am quergestreiften Muskel beobachtet wurde, beschreibt Biedermann ihn auch am glatten Muskel. Er sagt: „Die Bildung einer idiomuskulären, wulstförmigen, nur langsam wieder verschwindenden Kontraktion am Orte des Reizes ist hier bei lokaler Erregung die Regel". Der lokale Wulst, der am quergestreiften und glatten Muskel nach mechanischer Reizung hervorgerufen wird, geht mit starker langandauernder Negativität einher. (Ebbecke.) Nun zum Verhalten von Wulst und Zuckung bezüglich ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge. An den Ablauf des Reizes schließt sich unmittelbar eine Zuckung an; es scheint, als ob sie gleichzeitig mit dem Reize erfolgte. Erst später erhebt sich der idiomuskuläre Wulst, von dem dann noch später die langsam verlaufenden Wellen ausgehen (Biedermann). Bei genauer Beobachtung ändert sich das Bild. Die schnellen als auch die langsamen Bewegungen des Muskels, also Zuckung und Wulst treten gleichzeitig am Muskel auf. Milrad stellte an Muskeln, auf die vorher Pharmaca eingewirkt hatten, fest, daß das Auftreten des idiomuskulären Wulstes durch eine Herabsetzung der Erregbarkeit begünstigt, durch eine Erhöhung derselben beeinträchtigt wird. Saito beobachtet die Dauerverkürzung am gelähmten Muskel. Die Stärke der Dauerverkürzung hängt sowohl von der Stromstärke als auch von der Beschaffenheit des Muskels ab. Stark narkotisierte Muskeln können eine Dauerverkürzung geben, dagegen keine Zuckung mehr. Wird der narkotisierte Muskel in eine Ringer-Lösung gebracht, so erholt er sich wieder; er antwortet auf einen schwachen mechanischen Schlag mit einer Zuckung

und einer idiomuskulären Verkürzung. Ähnliche Beobachtungen machte auch Bremer, der durch Reizung des Muskels mit Pharmaca Kontrakturen hervorrief. Ferner stellte er fest, daß am curarisierten Muskel durch sehr kurze Einzelreize nur eine Zuckung erzielt wurde und erst bei Summation der Reize eine Kontraktur. Diese Äußerungen des Muskels, die einmal in einer Zuckung auftreten, ein anderes Mal in einer Verkürzung, die entweder partiell (Wulstbildung) oder total (Dauerverkürzung Kontraktur) sein kann, erklärt Ebbecke folgendermaßen: Sowohl die gewöhnliche rasche als die normale langsame Welle werden verständlich auf Grund der Strömchentheorie der Erregungsleitung unter der näher ausgeführten Annahme, daß bei den langsamen Wellen infolge der langsam verstärkten lokalen Negativität die Akkomodation an die von einer Stelle zur Nachbarstelle abgehenden Strömchen eine wichtige, die Leitung verzögernde oder aufhebende Rolle spielt. Weil der unmittelbar angreifende künstliche Reiz beliebig verstärkt werden kann, während der natürliche elektrische Reiz der Strömchen, der die Erregungsleitung vermittelt, eine bestimmte nicht sehr große Stärke nicht überschreitet, fehlt beim Absterben und beim Absinken der Erregbarkeit die Zuckung früher als die Dauerverkürzung und geben auch narkotisch gelähmte Muskeln noch gute Dauerverkürzungen. Abschließend sei noch Bremer erwähnt, der die Chronaxie der Kontraktur und der Einzelzuckung bestimmte. Demnach soll die Chronaxie der Kontraktur die hundertfache Länge der Chronaxie der Einzelzuckung haben. Er betrachtet die Kontraktur als eine primitive Reaktionsform der Muskelfaser, die durch eine erregbare Substanz von langer Chronaxie und langsamer Erregungsfortleitung charakterisiert ist.

So erscheint es denn möglich, aus den Reizschwellenunterschieden für Wulst und Zuckung Schlüsse auf einzelne Veränderungen im Muskel zu ziehen.

Die Beobachtungen wurden mit der Binokularlupe und dem Mikroskop durchgeführt. Während erstere ein plastisches Sehen ermöglicht und ein großes Gesichtsfeld hat, bietet das Mikro-

skop den Vorteil der stärkeren Vergrößerung, allerdings bei kleinem Gesichtsfeld. Es wurde eine Vergrößerung gewählt, welche die Querstreifung des Muskels erkennen ließ. Da die Versuche längere Zeit dauerten, wurde der Muskel, um ihn vor dem Austrocknen zu schützen, in einer feuchten Kammer beobachtet. Gearbeitet wurde sowohl mit durchfallendem als auch mit auffallendem Lichte. Der Muskel wird mit Gleichstrom gereizt, dessen Spannung mit einem Potentiometer reguliert wird. Stromquelle: 1 Akku. An den Enden des Muskels sind unpolarisierbare Pinselelektroden angebracht, die den Stromkreis schließen. Wie schon erwähnt, dient zu den nachfolgenden Beobachtungen der muskulus rectus abdominis des Frosches. Nach Zurückklappen der Bauchhaut präpariert man den Muskel oben am Sternum, unten an der Symphyse und seitlich an den schrägen Bauchmuskeln heraus. Dann wird er auf einen Korkrahmen gespannt, der so eingerichtet ist, daß er die Beobachtung sowohl auf der ventralen als auch auf der der Haut zugekehrten Seite ermöglicht. Um weiter die Versuche nicht nur am ausgeschnittenen, sondern auch am blutdurchströmten Präparat durchführen zu können, mußten die Frösche mit Urethan narkotisiert werden. Die Bauchhaut wurde zurückgeklappt. Benutzt wurde zu diesen Versuchen nur der rectus einer Seite. Dazu mußte nach Durchtrennung der schrägen Bauchmuskeln auf der entsprechenden Seite des rectus am Sternum und an der Symphyse bis etwas über die Medianlinie unter Schonung der großen Gefäße abgetrennt werden. Der rectus wurde dann um die Mittellinie herausgeklappt und in der üblichen Weise aufgespannt. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß der Frosch eine Lage einnimmt, bei welcher der Kreislauf in den Gefäßen nicht gestört wird. Besonders gut lassen sich die inscriptiones tendineae beobachten, da sie von Venen begleitet werden.

Um die mikroskopischen Beobachtungen zu vereinfachen, wurde ein nach allen Seiten hin verschiebbarer Tisch benutzt, an dem gleichzeitig die Elektroden befestigt waren. Um die Schwellenwerte des Muskels, also die kleinsten Bewegungen desselben möglichst sichtbar zu machen, diente das Okularmi-

krometer; ferner gaben die Bewegung der einzelnen Muskelfasern und die der Pigmentflecke hierfür Anhaltspunkte.

Eine gewisse Erleichterung der Beobachtung ist durch die roten Blutkörperchen in den Gefäßen gegeben, denn beim Schließen des Stromkreises, also bei der Wulstbildung im blutdurchströmten Präparat stagniert das Blut, um beim Öffnen des Stromkreises bei der Wulstrückbildung wieder weiter zu fließen. Das stagnierende Blut am ausgeschnittenen Präparat wird bei der Wulstbildung in den Gefäßen weitergeschoben, bei der Rückbildung kehrt es in die ursprüngliche Lage zurück.

Versuche:

zur Wulst- und Zuckungsschwelle.

Bezeichnung: SZ = Schließungszuckung.
ÖZ = Öffnungszuckung.
W = Wulst.

Volt	SZ ↓	ÖZ ↓	W ↓	SZ ↑	ÖZ ↑	W ↑	SZ ↓	ÖZ ↓	W ↓	SZ ↑	ÖZ ↑	W ↑	SZ ↓	ÖZ ↓	W ↓	SZ ↑	ÖZ ↑	W ↑
0,1	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,2	—	—	+	—	—	+	—	—	—	+	—	—	+	—	+	+	—	+
0,3	—	—	+	—	—	+	—	—	—	+	—	—	+	—	+	+	—	+
0,4	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+
0,5	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+
0,6	+	+	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+						
0,7	+	+	+	+	+	+												
0,8	+	+	+	+	+	+												

Zuckungsschwelle liegt **höher**	Zuckungsschwelle liegt **tiefer**	Zuckungsschwelle liegt **gleich** mit der Wulstschwelle

Die Zuckungsschwelle kann, wie aus vorstehender Tabelle ersichtlich, höher, tiefer oder auch gleich gelegen sein wie die Wulstschwelle.

Zunächst hat der Beobachter die Meinung, als ob die Zuckungsschwelle tiefer läge als die Wulstschwelle. Je feiner

man beobachtet, um so mehr kommt man darauf, daß die Wulstschwelle immer niedriger rückt. Schließlich stellt sich heraus, daß die Schwellen für Zuckung und Wulstbildung im Bereiche von 0,1—0,4 Volt, also recht nahe beieinander liegen.

Genauere Werte anzugeben ist kaum möglich, da diese teils von der Empfindlichkeit des Muskels, teils von der Lage der Elektroden abhängig sind. Wenn auch im allgemeinen keine Unterschiede zwischen den ausgeschnittenen und blutversorgten Präparaten bestehen, so ändert sich doch das Verhalten der Wulst- und Zuckungsschwelle nach vorangegangener elektrischer Durchströmung. Dabei wird die Zuckungsschwelle viel deutlicher beeinflußt als die Wulstschwelle. Während die Zuckungsschwelle steigt, bleibt die Wulstschwelle noch unverändert. In extremen Fällen gibt es nur einen Wulst, dagegen keine Zuckung mehr. Ähnlich ist das Verhalten der Schwellenwerte beim Einschleichen. Auch hier liegt die Zuckungsschwelle höher; dagegen ändert sich der Schwellenwert der Wulstbildung nicht. Er liegt zwischen 0,3—0,4 Volt.

Zur Veranschaulichung der folgenden Versuchsreihen wird der Weg über die graphische Darstellung in der nachstehend beschriebenen Weise gewählt:

In einem Koordinatensystem ist auf der Abszisse die Spannung, auf der Ordinate die Sekundenzahl abzulesen. Die experimentell gefundenen Werte werden in das System eingetragen, wobei die Wulstbildung mit ○, die Wulstrückbildung mit ● gekennzeichnet ist. Damit ist ein Überblick über die aufeinanderfolgenden Versuchsergebnisse geschaffen, und nunmehr wird der allgemeine Verlauf der Wulstbildung durch eine ausgezogene, der der Wulstrückbildung durch eine gestrichelte Linie kenntlich gemacht.

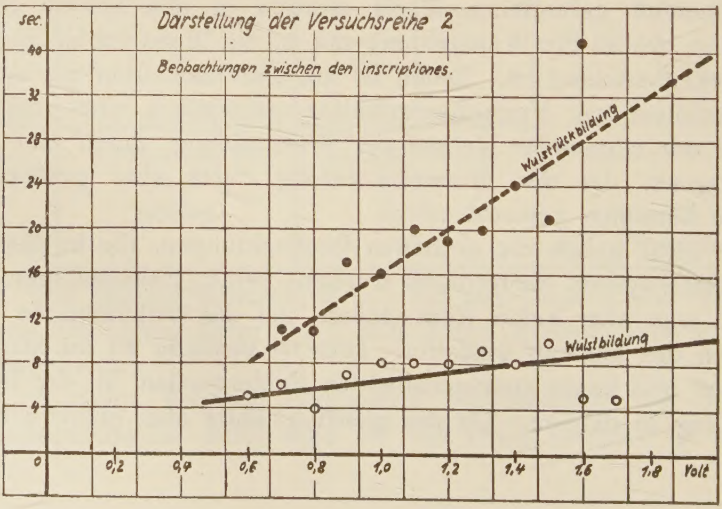
Zwar geben die einzelnen Beobachtungen, die in das Koordinatensystem eingetragen wurden, keinen gleichmäßigen Verlauf, was aber keine Rückschlüsse auf das pathologische Verhalten des Muskels gestattet. Hier ist vielmehr an die mannigfachen und kaum auszuschaltenden Fehlerquellen in der Beobachtung zu denken. Da die gleichen Fehler aber immer wieder-

kehren, so geht doch aus den gefundenen Werten unzweideutig der allgemeine Charakter der Linien hervor.

Die Zeiten der Wulstbildung und Rückbildung wurden am rectus abdominis zwischen und in der Nähe der inscriptiones beobachtet und zwar bei Spannungen von $^1/_{10}$ Volt Differenz und bei Spannungen mit beliebigen Intervallen.

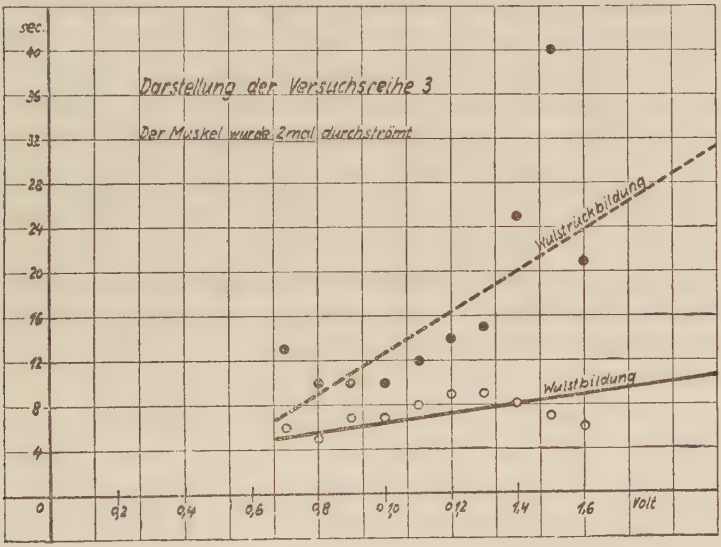
Versuchsreihe 2

Die Versuchsreihe **2** zeigt die Beobachtung an Stellen zwischen den inscriptiones und zwar betrug hier die Spannungsdifferenz $^1/_{10}$ Volt. Wie die Versuche zeigen, verlaufen die Zeiten der Wulstbildung wie der Wulstrückbildung unabhängig voneinander. Die Kurve der Wulstrückbildung liegt über der der Wulstbildung oder anders ausgedrückt: Der Muskel braucht zur Wulstbildung kürzere Zeit als zur Wulstrückbildung. Der Charakter der Kurven bleibt zwar bei den Versuchen erhalten, jedoch variieren die Kurven teils in ihrer Steilheit. Die Zeiten der Wulstbildung wie der Rückbildung können höher oder tiefer liegen. Die Differenz der Zeiten kann geringer werden. Es gibt sogar Fälle, wo die Kurven sich in einem oder in mehreren Punkten treffen oder schneiden, d. h. der Muskel kann die gleiche Zeit zur Wulstbildung wie zur Rückbildung brauchen. In einem extremen Falle kann sogar die Zeit der Wulstrückbildung in einigen Punkten unter die der Wulstbildung heruntergehen.



Versuchsreihe 3

Die Versuchsreihe **3** stellt lediglich eine Erweiterung der Versuchsreihe **2** dar. Beide unterscheiden sich nur dadurch, daß in der Versuchsreihe **3** der Muskel das zweite mal durchströmt wird. Aus der graphischen Darstellung geht hervor, daß sich die Kurven der beiden Versuchsreihen nicht wesentlich voneinander unterscheiden.

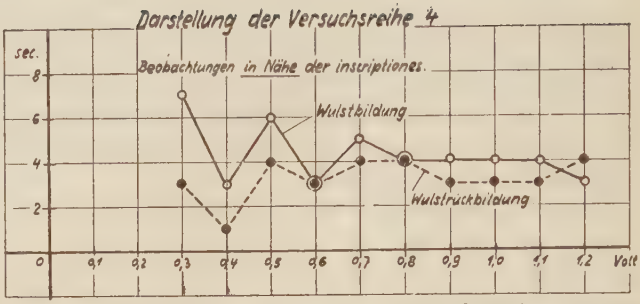


Durch die in nebenstehender Tabelle zusammengestellte Versuchsreihe wird noch gezeigt, daß zur Wulstbildung und Rückbildung zwischen den inscriptiones bei Spannungen mit beliebigen Intervallen erhebliche Zeitunterschiede auftreten können.

Volt	W.-Bildung sec.	W.-Rückbdg. sec.
0,6	5	7
1,1	45	70
1,0	68	93
0,9	18	10
0,8	12	10
0,7	8	9
1,1	18	10

Versuchsreihe 4

Bei der Versuchsreihe **4** werden nicht die Stellen zwischen den inscriptiones, sondern in Nähe der inscriptiones beobachtet.



Die Zeiten der Wulstbildung wie der Rückbildung verlaufen, wie die Darstellung zeigt, ziemlich flach, d. h. trotz ansteigender Voltzahl ändern sich die Zeiten nur wenig. Betrachten wir den Verlauf der beiden ganzen Kurven, so zeigen dieselben, daß sich der Wulst in Nähe der inscriptiones in wenigen Sekunden bildet und sich ebenfalls in wenigen Sekunden zurückbildet. Die beiden Kurven zusammen betrachtet, geben in den Zeiten der Wulstbildung wie der Rückbildung kaum einen Unterschied, während die Beobachtung zwischen den inscriptiones eine kürzere Zeit zur Wulstbildung als zur Rückbildung ergab.

Die Versuchsreihe **4a** zeigt die Zeiten der Wulstbildung wie der Wulstrückbildung in Nähe der inscriptiones unter willkürlich gewählter Spannung. Wie aus den in der Tabelle zusammengestellten Versuchsergebnissen hervorgeht, unterscheiden diese sich nicht von denen der Versuchsreihe **4**.

Die Wulstbildung braucht kürzere Zeit als die Wulstrückbildung. Dies gilt hauptsächlich für Stellen zwischen den inscriptiones. In Nähe der inscriptiones sind die Zeiten der Wulstbildung und Rückbildung fast gleich. Dieses mag wohl so zu erklären sein, daß sich in Nähe der inscriptiones der Muskel mehr aufwulstet und zwar

Versuchsergebnisse **4a**

Volt	W-Bildung sec.	W.-Rückbdg. sec.
0,3	7	3
0,4	3	1
0,5	6	4
0,6	3	3
0,7	5	4
0,8	4	4
0,9	4	3
1,0	4	3
1,1	4	3
1,2	3	4
0,6	3	2
0,7	3	2
0,8	2	2
0,9	3	3
1,0	4	3

schneller, und daß dadurch dem Auge die kleinen Bewegungen der Muskelfasern entgehen, während bei der Beobachtung der Stellen zwischen den inscriptiones das Auge mehr auf die langsamen und kleinen Bewegungen der Muskelfasern eingestellt ist. Die Verschiebung der Muskelfasern zur Wulstbildung wie Rückbildung geht bei den ersten Versuchen schnell, dagegen bei wiederholter Durchströmung langsamer. Die Durchschnittszeit beträgt 10—20—30 sec. Vollkommen genaue Werte anzugeben, ist wohl unmöglich, da die Bewegungen immer langsamer werden. Für höhere Voltzahlen gilt: Beim Schließen eines Stromkreises kann sich ein Wulst bilden, der sich bei Weiterfließen des Stromes plötzlich zurückbildet; er kann natürlich auch längere Zeit bestehen bleiben. Ferner kann nach dem Öffnen des Stromkreises der Wulst noch einige Zeit bestehen bleiben.

Die älteste Theorie, die aus dem Jahre 1847 stammt, versucht die Narkose mit der Lipoidtheorie zu erklären. Erst Ende des 19. Jahrhunderts führten Hans Meyer und Overton diese Theorie weiter. Sie besagt, daß die Stoffe narkotisch wirken, die in Fett und fettähnlichen Körpern löslich sind. Für die narkotische Wirkung ist erforderlich, daß die narkotische Substanz besonders auf die Nervenzellen wirkt, und das ist besonders der Fall, wenn sie sich in den Zellen anreichert, wie dies die lipoidlöslichen Substanzen tun. Da für ihre Verteilung im Körper der Teilungskoeffizient maßgebend ist, bevorzugen sie also, wenn sie in den Körper gelangen, die Nervenzellen.

Overton erweitert noch die Lipoidtheorie dadurch, daß er der Theorie den Begriff der Permeabilität hinzufügt, welche das ungleiche Permeierungsvermögen der verschiedenen Substanzen durch die Anwesenheit einer lipoiden Zellgrenzschicht zu erklären sucht.

Anschließend an die Overtonsche Theorie erklärt 1929 Beutner die Narkose so, daß sie die elektrischen Kräfte an den Phasengrenzen und damit auch die Reizbarkeit der Zelle aufhebt.

Weiter äußert sich Höber zur Theorie der Narkose folgendermaßen: Das Wesen der Narkose besteht nicht in einer Vermehrung, sondern in einer Verminderung der normalen Grenzflächenpermeabilität, die besonders wieder auf die Ansammlung der Narkotika in den Lipoiden der Plasmahaut zurückgeführt wird.

Hieran anschließend ist Embden zu erwähnen, der auch gleichzeitig die Rohrzuckerlähmung des Muskels mit berücksichtigt. Er sagt: Rohrzuckerlähmung und Narkose des Muskels sind offenbar nahe verwandte Zustände, denen als gemeinsames Charakteristikum eine bei der Rohrzuckerlähmung regelmäßig, bei der Narkose vielleicht nicht ganz so regelmäßig mit Permeabilitätssteigerung verbundene Verminderung der Fähigkeit zu plötzlicher Permeabilitätssteigerung zu Grunde liegt.

Ferner versucht Traube das Problem der Narkose in einer Erniedrigung der Oberflächenspannung der Zellen zu erklären. Die Aufnahme der Narkotika erfolgt durch adsorptive Anreicherung. Isokapillare Stoffe sind auch isonarkotisch.

Abschließend sei noch die Koagulationstheorie von Bernard erwähnt, der das Wesen der Narkose in einer reversiblen Koagulation der Kolloide im sensiblen Nerven gesehen hat. Dieser Anschauung schließen sich neuerdings Bancroft und seine Mitarbeiter an, deren Ausführungen kurz wiedergegeben sind: Sie stellen fest, daß kleinere narkotische Konzentrationen in den Zellen reversible Veränderungen an den Kolloiden auslösen. Mit höheren Konzentrationen oder nach zu langer Einwirkungszeit waren die Koagulationen nicht mehr reversibel.

Frederikse berichtet 1933 zur Koagulationstheorie noch folgendes: In den ersten Zeiten der Narkose ist die Viskosität in den oberflächlichen Schichten erhöht und in dem Endoplasma erniedrigt. Der Viskositätserniedrigung des Endoplasmas folgt in dem späteren Stadium der Narkose eine Viskositätserhöhung. Alle diese Änderungen sind reversibel; nur die letzte Auswirkung der langdauernden Narkose, die Koagulation, ist irreversibel.

Der muskulus rectus abdominis des Frosches wird in der anfangs beschriebenen Weise präpariert, dann in einen Hartgummi-Rahmen gespannt, der je nach der Länge der einzelnen Muskeln verstellbar ist. Dieser Rahmen ist auf einer Apparatur befestigt, die ermöglicht, den Muskel nach jeder Richtung hin zu verschieben. Eine Glaswanne mit der jeweils benötigten Flüssigkeit steht auf dem Mikroskoptisch. In diese wird nun mittels eines Hebels das Präparat hineingesenkt und nach Einwirkung der Lösung wieder gehoben, um dann mikroskopisch mit durchfallendem Lichte beobachtet zu werden. Diese Einrichtung ermöglicht den Muskel zur Reizung und Beobachtung für sehr kurze Zeit aus der Lösung herauszunehmen.

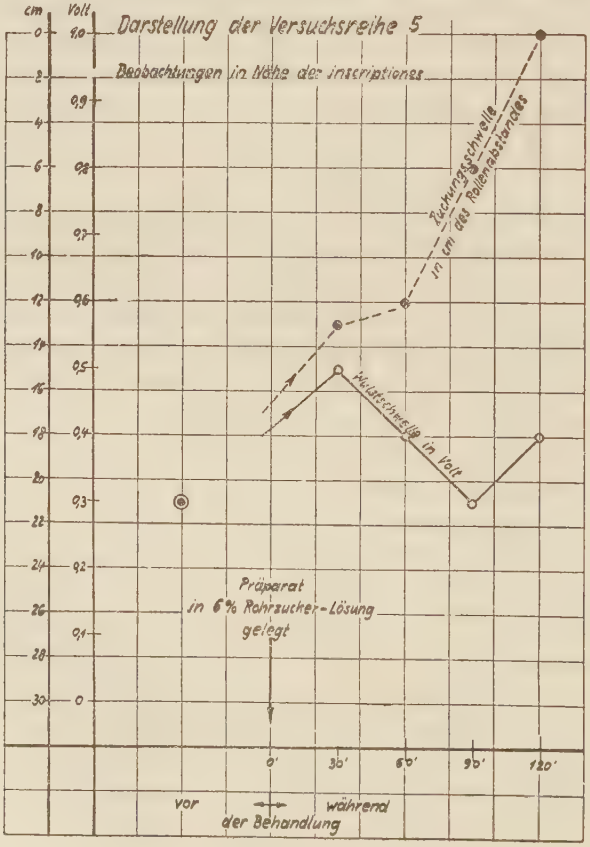
Zur Wulstbildung wurde Gleichstrom benutzt. (Stromquelle i Akku; die Spannung wurde mit einem Potentiometer geregelt.) Die Zuckung wurde durch einen Du Bois-Reymondschen Schlitten-Induktionsapparat hervorgerufen. (Stromquelle i Akku.)

Die Veranschaulichung der Versuchsergebnisse erfolgt wieder auf dem Wege der graphischen Darstellung. In einem Koordinatensystem zeigt die Abszisse die Zeiten der Einwirkung der Lösung, die Ordinaten zeigen die Werte der elektrischen Reize. Vor der ersten Ordinate ist der Rollenabstand des Induktionsapparates in cm, vor der zweiten sind die Voltzahlen eingetragen. Die experimentell gefundenen Werte werden wieder in das System eingetragen, wobei die Wulstschwelle mit ○, die Zuckungsschwelle mit ● gekennzeichnet ist. Um einen noch weitgehenderen Überblick über die einzelnen hintereinander folgenden Versuche zu gewinnen, werden die mit ○ gekennzeichneten und eingetragenen Ergebnisse der Wulstschwelle mit einer ausgezogenen Linie, die mit ● gekennzeichneten und eingetragenen Ergebnisse der Zuckungsschwelle mit einer gestrichelten Linie verbunden.

Versuchsreihe 5

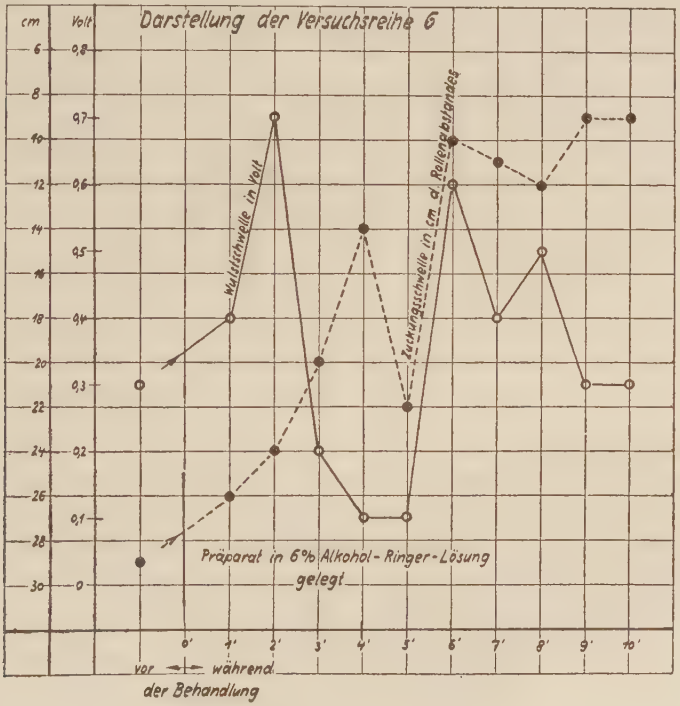
Die Versuchsreihe **5** zeigt die Wirkung einer 6 % Rohrzucker-Lösung auf die Wulst- und Zuckungsschwelle. Das Präparat wird in Nähe der inscriptiones beobachtet und zwar wurden zuerst die Schwellenwerte vor Einwirkung der Lösung

festgestellt. Während der Einwirkung der Lösung wird, da kleinere Zeitintervalle kaum eine Änderung ergeben, von 30 zu 30 Minuten beobachtet. Es bestehen keine Beziehungen zwischen Wulst- und Zuckungsschwelle. Aus den Kurven ist nur ersichtlich, daß die Schwelle des idiomuskulären Wulstes verhältnismäßig langsam, die Zuckungsschwelle dagegen schnell ansteigt. Diese zeigen ferner bei zunehmender Dauer der Rohrzuckereinwirkung bei zwar steigender Tendenz einen stark schwankenden Charakter. Läßt man die Lösung genügend lange einwirken, so kann der Muskel für den Induktionsstrom unerregbar werden, also keine Zuckung, sondern nur noch einen Wulst geben, wie aus der nachstehenden Versuchsreihe ersichtlich.



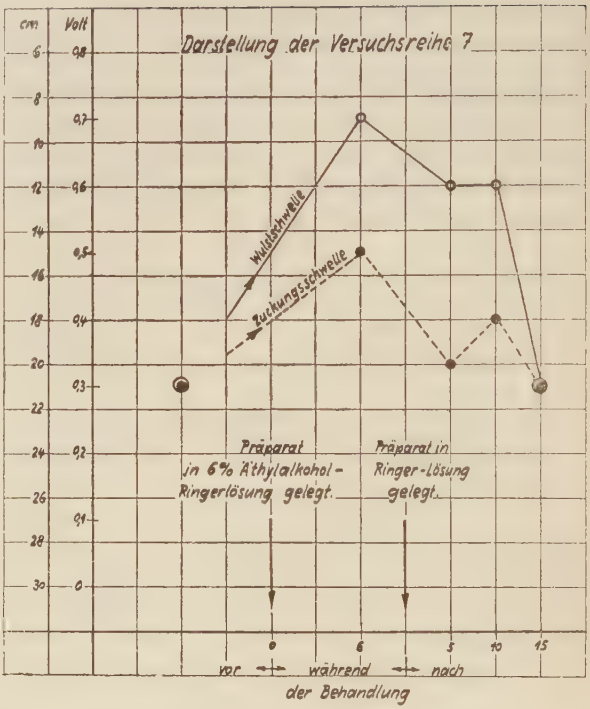
Versuchsreihe 6

Bei der Versuchsreihe **6** ist nur das Lösungsmittel geändert und zwar wird in diesen Versuchen als Narkosemittel eine 6 % Alkohol-Ringer-Lösung benutzt. Um größere Ungenauigkeiten zu vermeiden, wurde zu jeder Beobachtung ein frisches Präparat genommen. Wie die Versuchsreihe zeigt, steigt Wulst- wie Zuckungsschwelle. Die starken Schwankungen der Kurven werden noch in den folgenden Versuchen erörtert.



Versuchsreihe 7

Das Verhalten des Muskels nach der Narkose zeigt die Versuchsreihe **7**. Wulst- und Zuckungsschwelle kehren wieder zu den Schwellenwerten des unbehandelten Muskels zurück. Der Vorgang ist hier reversibel.

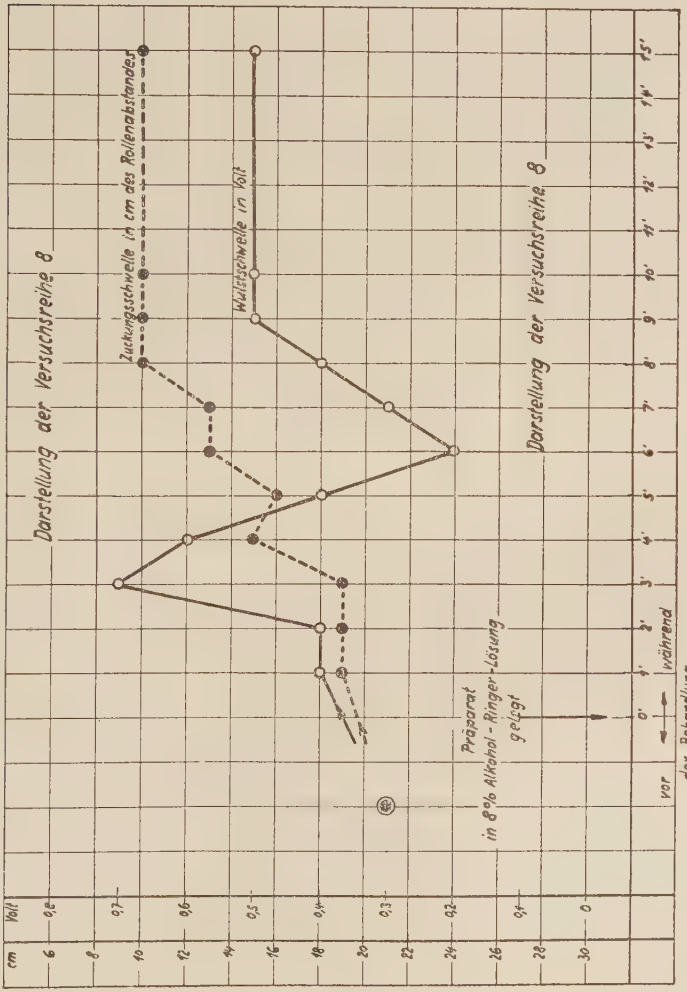


Versuchsreihe 8

In der Versuchsreihe **8** wird der Muskel statt mit einer 6% mit einer 8% Alkohol-Ringer-Lösung behandelt. Wie die Präparate zeigen, steigt nach Einwirkung der Alkohol-Ringer-Lösung die Wulstschwelle, jedoch nicht kontinuierlich. Nach einigen Minuten der Einwirkung fällt plötzlich die Voltzahl, um dann wieder zu steigen und auf einer gewissen Höhe zu verharren. Da der Alkohol ein typisches Narkosemittel ist, darf man hier wohl beim Steigen der Wulstschwelle von einer Narkose des Muskels sprechen und das plötzliche Sinken des Schwellenwertes als Excitationsstadium der Narkose bezeichnen. Eine Reihe von Versuchen zeigen, daß besonders nach Einwirkung von 10 Minuten der Schwellenwert des unbehandelten Muskels mit dem des narkotisierten

a) zusammenfallen, **b)** herunter und **c)** etwas herauf gehen kann.

	unbeh. Muskel	Narkosezeit	beh. Muskel
ad **a)**	0,3 Volt	10 Min.	0,3 Volt
	0,2 „	10 „	0,2 „
ad **b)**	0,3 Volt	10 Min.	0,1 Volt
	0,4 „	10 „	0,2 „
ad **c)**	0,2 Volt	10 Min.	0,3 Volt
	0,3 „	10 „	0,4 „

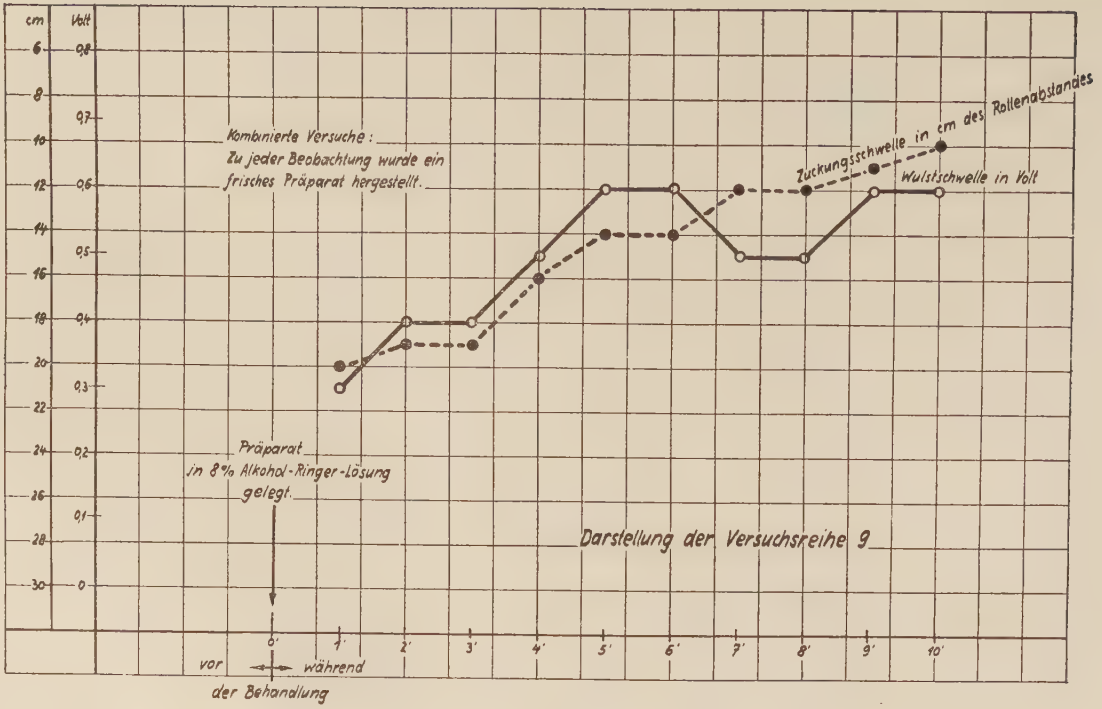


Die Versuche ergeben, daß die Wulstschwelle nicht kontinuierlich mit den Behandlungszeiten steigt, also die Narkosetiefe bei der 8% Alkohol-Ringer-Lösung nicht nur von der Narkosezeit abhängig ist. Ferner ist ersichtlich, daß mit einer 8%-Lösung keine große Narkosetiefe zu erzielen ist, auch wenn die Lösung längere Zeit einwirkt; der Schwellenwert bleibt unverändert, die Kurve bildet ein Plateau.

Was die Zuckungsschwelle nach Einwirkung einer 8% Alkohol-Lösung betrifft, so zeigt sie bei zwar steigender Tendenz keinen kontinuierlichen Verlauf. Die Kurve kann allmählich oder schnell ansteigen, um dann auf einer gewissen Höhe längere Zeit zu verharren; die Kurve bildet ebenfalls ein Plateau. Unter Einwirkung dieser Lösung gelingt es zwar, die Zuckungsschwelle heraufzusetzen, jedoch kann der Muskel für den Induktionsstrom nicht unerregbar gemacht werden. Der Rollenabstand erreicht selbst bei einer Narkosedauer von 30 Minuten nicht den 0-Punkt. Während der Muskel bei den Rohrzuckerversuchen nach langer Einwirkung für den Induktionsstrom unerregbar wurde, so erreicht er bei dieser Konzentration des Narkosemittels nicht den 0-Punkt. Daraus ist ersichtlich, daß eine längere Narkosezeit den Muskel für den elektrischen Reiz nicht unerregbar macht.

Versuchsreihe 9

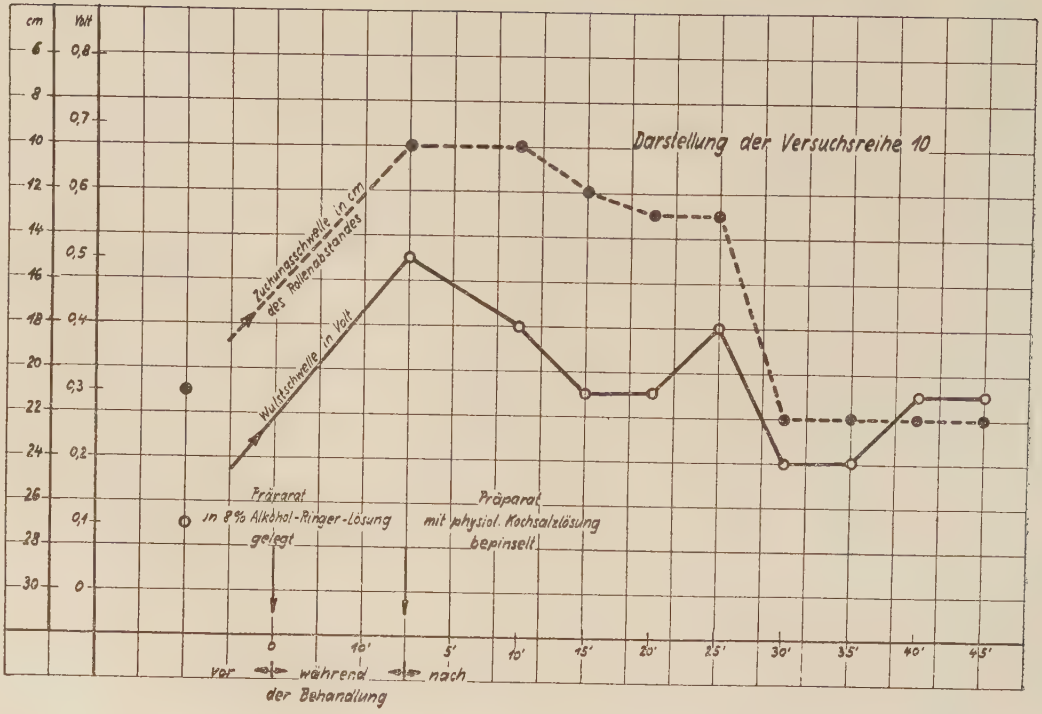
Um die bisherigen Versuche zu erhärten, wurde bei Versuchsreihe **9** jeder frische Muskel eine Minute länger narkotisiert. Der erste Muskel 1 Minute, der zweite 2 Minuten, der dritte 3 Minuten und so fort. Diese Versuchsreihe wurde aus folgenden Gründen gewählt: Da das Präparat während der einzelnen Beobachtungen aus der Alkohol-Lösung gehoben wird und der Alkohol sehr schnell verdunstet, so könnte sich der Muskel in den Zwischenzeiten erholen und die folgenden Beobachtungen beeinträchtigen. Die Kurven werden dadurch natürlich noch unregelmäßiger, da die ursprünglichen Schwellenwerte der einzelnen Muskeln wechseln. Wesentlich hierbei ist die Beobachtung, daß die Tendenz des Kurvenverlaufes bei allen Versuchen das gleiche Bild zeigt, nämlich, daß sich der Muskel während der Beobachtung nicht nennenswert ändert.


cm
Volt
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
Kombinierte Versuche:
Zu jeder Beobachtung wurde ein
frisches Präparat hergestellt.
Präparat
in 8% Alkohol-Ringer-Lösung
gelegt.
Zuckungsschwelle in cm des Rollenabstandes
Wulstschwelle in Volt
Darstellung der Versuchsreihe 9
0'
1'
2'
3'
4'
5'
6'
7'
8'
9'
10'
vor
während
der Behandlung

Anmerkung zu den Kurven: Von der ersten bis zur vierten Minute wurde in der früher angeführten Weise von Minute zu Minute narkotisiert, während der Muskel von der fünften bis zehnten Minute nach der letzten Methode behandelt wurde, d. h. für jede Beobachtung wurde ein frisches Präparat genommen.

Versuchsreihe 10

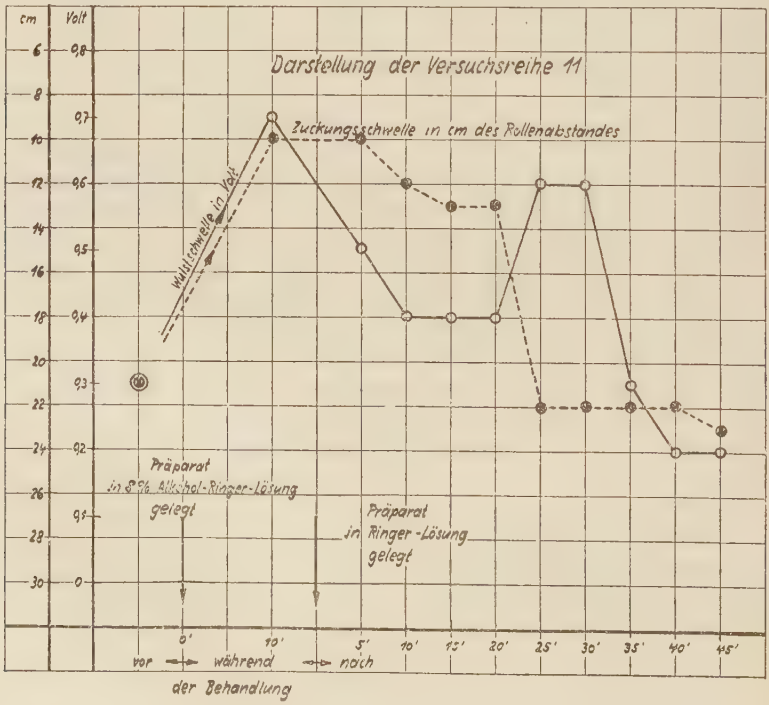
Um das Verhalten der Schwellenwerte nach der Narkose zu prüfen, wurde der Muskel nach je 5 Minuten beobachtet. Während dieser Zeit wurde er mit physiolog. Kochsalzlösung bepinselt. Wie der Verlauf der Darstellung der Versuchsreihe **10** zeigt, fällt die Wulstschwelle. In einem Falle geht sie sogar unter die des unbehandelten Muskels. Wie schon so häufig erwähnt, haben wir hier auch keinen gleichmäßigen Verlauf der Kurven. Analog der Bestimmung der Wulstschwelle wurde auch die Zuckungsschwelle bestimmt, die gleichfalls nach der Narkose sinkt. Anders ausgedrückt: Der Schwellenwert des narkotisierten Muskels nähert sich dem ursprünglichen Wert, kann ihn sogar übersteigen.


Darstellung der Versuchsreihe 10
cm
Volt
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
Zuckungsschwelle in cm des Rollenabstandes
Wurfschwelle in Volt
Präparat in 8% Alkohol-Ringer-Lösung gelegt
Präparat mit physiol. Kochsalzlösung bepinselt
0
10'
5'
10'
15'
20'
25'
30'
35'
40'
45'
vor
während
nach
der Behandlung

Versuchsreihe 11

Bei der Versuchsreihe **11** wird der Muskel ebenfalls nach der Narkose beobachtet. Unterschiedlich zu den bisherigen Versuchen ist jedoch der Umstand, daß er sich bei diesen Versuchen in den Zeiten zwischen den Beobachtungen in einer Ringer-Lösung befand, während er vorher der Außenluft ausgesetzt war.

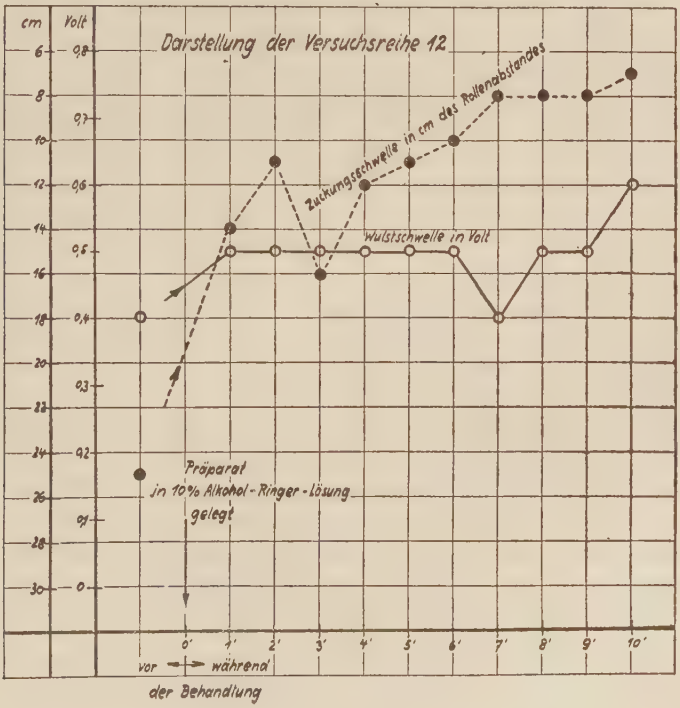
Die Versuchsreihen unterscheiden sich nicht voneinander. Hier gilt nur die Klärung der Frage: Erholt sich der Muskel nach der Alkohol-Narkose oder mit anderen Worten, kehrt er zu den Schwellenwerten des unbehandelten Muskels zurück? Nach diesen Versuchsreihen zu urteilen, erholt sich der Muskel nach der Alkohol-Narkose. Der Schwellenwert der Wulstbildung als auch der der Zuckungsschwelle sinkt; der Rollenabstand nimmt zu.



Versuchsreihe 12

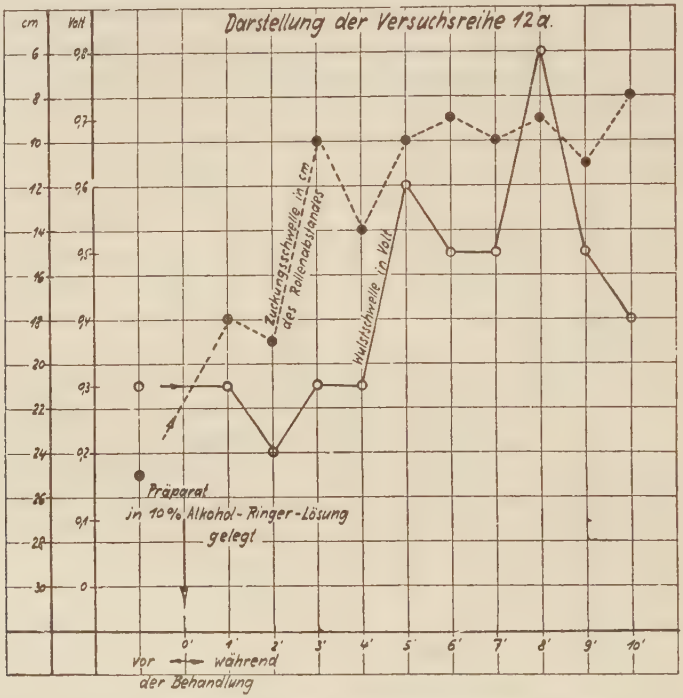
In der jetzt folgenden Versuchsreihe **12** ist nur die Konzentrationsstärke des Narkosemittels geändert, d. h. anstatt einer 8% Alkohol-Ringer-Lösung wird eine 10% Lösung benützt.

Die Tendenz dieser Versuchsreihen ist, wie zu erwarten, die gleiche wie bei den Versuchsreihen, die mit der 8% Alkohol-Ringer-Lösung behandelt wurden. Auch hier finden wir, daß die Wulstschwelle nach einigen Minuten der Einwirkung für kurze Zeit sinkt. Analog den vorigen Versuchen wird man auch dieses Sinken als Erregungsstadium ansprechen. Läßt man das Narkosemittel längere Zeit einwirken, so steigen Wulst- und Zuckungsschwelle.



Versuchsreihe 12a

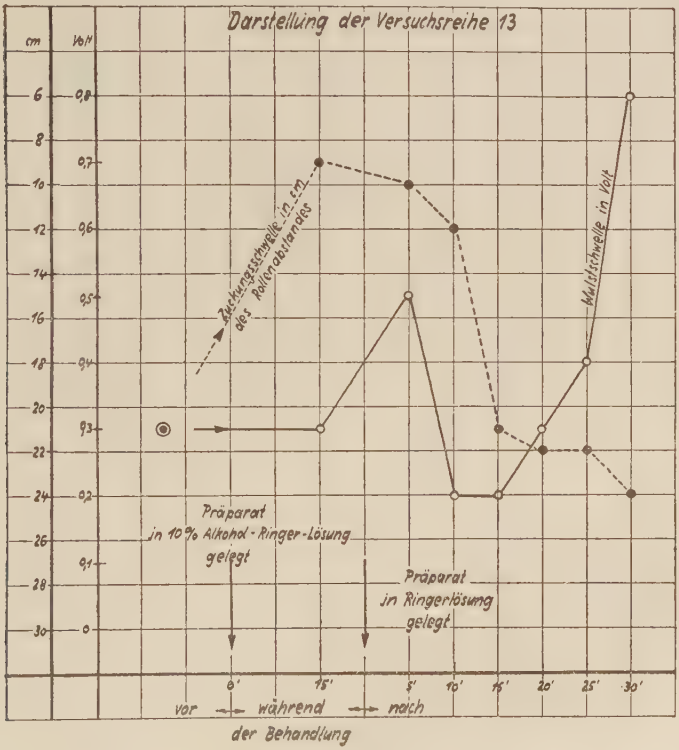
Die Versuchsreihe **12a** stellt lediglich eine Ergänzung der beiden letzten dar. Um auch hier gröbere Fehlerquellen auszuschalten, wurde zu jedem Wert ein neues Präparat genommen. Unterschiedlich von den Versuchen mit 8 % Alkohol-Lösung ist, daß hier die endgültig gleichbleibenden Schwellenwerte höher liegen.



Im Anschluß an die Versuchsergebnisse möchte ich zu den Ausführungen Lepeschkins noch sagen, daß der Narkosegrad in erster Linie von der Konzentration abhängig ist, erst dann von der Zeitdauer der Einwirkung. Bei der 8% und 6% Alkohol-Ringer-Lösung mußte man das Narkosemittel lange Zeit einwirken lassen, ohne daß sich die Narkosetiefe (Plateau), d. h. die Reizbarkeit änderte, die aus den Kurven ersichtlich ist. Dagegen wurde die Narkosetiefe bei einer 10 %-Lösung gesteigert, der Schwellenwert heraufgesetzt.

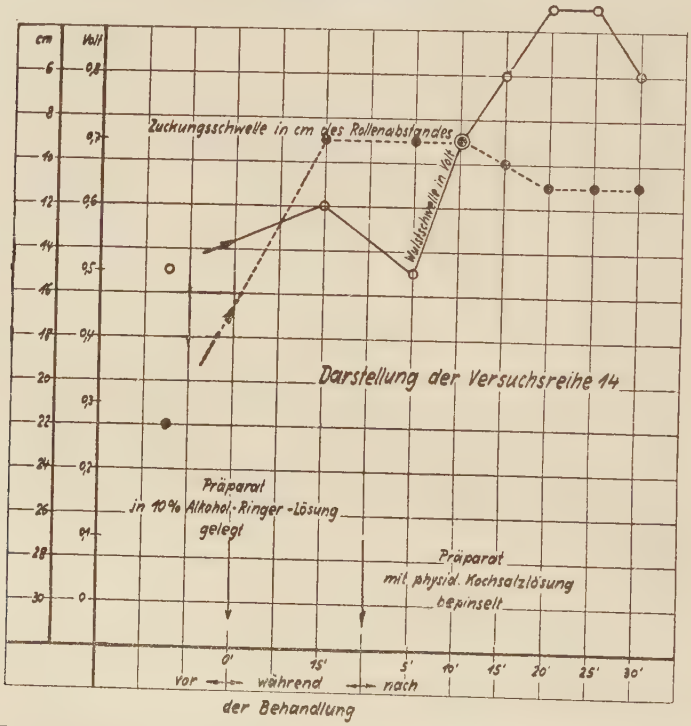
Versuchsreihe 13

Versuchsreihe **13** zeigt das Verhalten des Muskels nach der Narkose, und zwar befindet er sich in den Zeiten zwischen den Beobachtungen in einer Ringer-Lösung. Wie die Werte zeigen, steigt hier noch die Wulstschwelle; die Zuckungsschwelle dagegen fällt.



Versuchsreihe 14

Versuchsreihe **14** zeigt den Muskel gleichfalls nach der Narkose, jedoch ist er in den Zeiten zwischen den Beobachtungen der Luft, einer weniger physiologischen Umgebung ausgesetzt. Die Wulstschwelle des Muskels steigt noch; ebenso behält die Zuckungsschwelle ihre Narkosewerte bei. Hier darf man wohl auf eine weitgehende Schädigung des Muskels schließen, da der Vorgang irreversibel ist.



Diese Versuchsergebnisse stimmen mit den Ausführungen von Frederikse überein.

Zusammenfassung.

Die Schwellenwerte für die Zuckung und den idiomuskulären Wulst liegen nahe beieinander, zwischen 0,3—0,4 Volt.

Der idiomuskuläre Wulst braucht zu seiner Bildung wie zu seiner Rückbildung fast die gleichen Zeiten, 10—20—30 sec.

Nach Einwirkung einer 6 % Rohrzucker-Lösung auf den Muskel steigt die Wulstschwelle langsam an, die Zuckungsschwelle dagegen schnell. Läßt man die Lösung lange genug einwirken, so bekommen wir keine Zuckung mehr.

Die Narkoseversuche mit 6 %, 8 und 10 % Alkohol-Lösung zeigen, daß die Wulstschwelle während der Behandlung langsam, die Zuckungsschwelle dagegen ziemlich schnell ansteigt. Dieses gilt für alle Versuchsreihen. Mit den verschiedenen Alkohol-Lösungen konnte keine große Narkosetiefe erzielt werden; die Wulstschwelle stieg nur um einige Zehntel Volt, während die Zuckungsschwelle nie den 0-Punkt erreichte. Auch ist die Narkosetiefe nicht von der Zeit abhängig, d. h. hat der Muskel seine Narkosetiefe erreicht, so kann man weiter narkotisieren, ohne jedoch eine Herabsetzung der Schwellenwerte zu erzielen.

Ferner wurde der Muskel auf seine Schwellenwerte nach der Narkose geprüft. Bei der 6 % und 8 % Alkohol-Ringer-Lösung näherten sich die Werte denen des unbehandelten Muskels; jedoch nach Einwirkung der 10 % Alkohol-Ringer-Lösung erholte sich der Muskel nicht vollkommen, was auf eine Schädigung des Muskels zurückzuführen ist. Der Vorgang ist hier irreversibel.

Bevor ich meine Arbeit schließe, sage ich Herrn Prof. Dr. Ebbecke für alle mir so wertvollen Anregungen und Ratschläge meinen herzlichen und aufrichtigen Dank, ebenso Herrn Dr. med. habil. A. Jäger für seine freundliche Unterstützung.

Literaturverzeichnis.

M. Schiff: Moleschotts Unters. 1856 Beiträge zur Physiologie. 1894, Bd. II. Lehrbuch der Physiologie S. 26.

L. Auerbach: Jahresber. der schles. Ges. 1859, 1860 und Abhandl. d. schles. Ges. Abtlg. f. Naturw. 1861, S. 291.

L. Hermann: Pflügers Arch. X 1874 S. 48.
„ „ XLV S. 594.

Biedermann: Elektrophysiologie. I. 1895, S. 123—147.

U. Ebbecke: Skandin. Archiv f. Physiologie 1923, Bd. 43, S. 138—164.

Milrad: Arch. f. exper. Path. u. Pharmakologie XX S. 217.

Saito: Über Dauerverkürzungen an gelähmten Muskeln Zeitschrift für Biologie 48, 340—351, 1906.

Bremer: Journal of Physiologie 1932, Bd. 76, S. 65—94.

H. H. Meyer: Zur Theorie der Alkoholnarkose. Arch. f. exper. Path. 42, 109—118, 1899. Die Narkose und ihre allgemeine Theorie. Handbuch d. nor. u. pathol. Physiologie 1, 531—549, 1927.

Overton: Studien über Narkose, Jena 1901.

Beutner: Eine rationelle Theorie der Narkose auf Grundlage elektromotorischer Wirkungen der Narkotika. Klin. Wschr. 11, S. 2199—2200, 1928.

R. Höber: Zur Theorie der Narkose. Pflügers Archiv 174, S. 218—232, 1919. Beiträge zur physikalischen Chemie der Erregung und der Narkose. Pflügers Archiv 120, S. 492—516, 1907.

Gustav Embden: Beiträge zur Lehre von der Muskelkontraktion, der Ermüdung und der Narkose. Berichte über die Tagung der Deutschen Physiologischen Gesellschaft in Hamburg 1920. Berichte über die gesamte Physiologie 11, S. 159—162, 1920.

J. Traube: Theorie d. Narkose. Pflügers Archiv 153, S. 276—308, 1913. 160 S. 501—510, 1915, 176, S. 70—83, 1919.

Bancroft: Wilder D. and George H. Richter: Claude Bernard's theory of narcosis, Proc. nat. Acad. sci. N.S.A. 16, 573—577, 1930.

A. M. Frederikse: Viscosity determinations during narcosis. Acta brev. neerl. Physol. etc. 2, 135—136, 1932.

W. W. Lepeschkin: Some aspects of the comses of narcosis. Physiologic. Zoöl. 5, 479—490, 1932.

H. Winterstein: Die Narkose 1919.

Lebenslauf.

Am 15. Mai 1911 wurde ich, Herta Oberheuser, in Köln a./Rh. geboren.

Nach Besuch der städtischen Luisenschule in Düsseldorf von Ostern 1918 bis Ostern 1931 widmete ich mich anschließend dem medizinischen Studium. An der Universität in Bonn absolvierte ich die vorklinischen Semester, machte dort mein Physikum, um dann an der medizinischen Akademie in Düsseldorf meine Studien fortzusetzen. Hier legte ich auch im Herbst 1936 mein Staatsexamen ab.